

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-085752

(43)Date of publication of application : 07.04.1998

(51)Int.Cl.

C02F 1/461

C02F 3/34

(21)Application number : 08-243598

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 13.09.1996

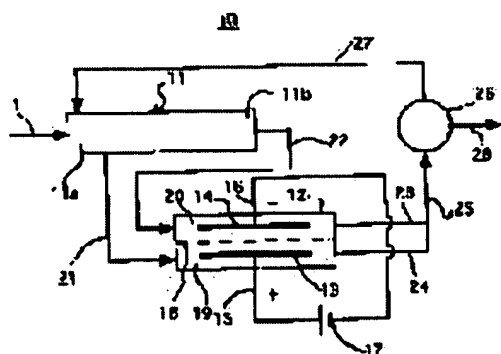
(72)Inventor : TSUBONE TOSHIKI
TAKECHI TATSUO

(54) WASTEWATER TREATMENT METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the removal of nitrogen components in wastewater with space and energy saved.

SOLUTION: Received water is introduced into a biological reaction tank 11. By the treatment in the first stage 11a of the reactor 11, most of carbonaceous pollutants are removed, and part of a mixture of primary treatment water in a stage in which ammonia is not yet oxidized practically and activated sludge is introduced into the anode chamber 19 of an electrode reaction tank 12 through an anode side inflow channel 21. Besides, in the latter stage 11b of the biological reaction tank 11, the oxidation of ammoniacal nitrogen by microorganisms takes place mainly. Secondary treatment water treated in the first stage 11a or the latter stage 11b is introduced into the cathode chamber 20 of the electrode reaction tank 12 through a cathode side inflow channel 22. In the reaction tank 12, direct current voltage is applied between the anode 13 and the cathode 14 through wirings 15, 16 to electrolyze the primary and secondary treatment water.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-85752

(43)公開日 平成10年(1998)4月7日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

C 0 2 F 1/461
3/34

1 0 1

C 0 2 F 1/46 1 0 1 A
3/34 1 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平8-243598

(22)出願日 平成8年(1996)9月13日

(71)出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者 局 俊明

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72)発明者 武智 辰夫

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

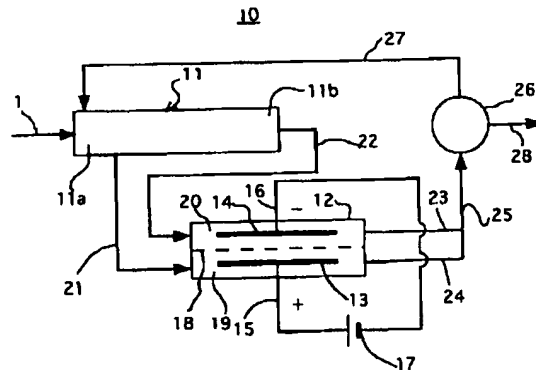
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54)【発明の名称】 廃水処理方法

(57)【要約】

【課題】 省スペースおよび省エネルギーで廃水中の窒素成分の除去を可能とする廃水処理方法を提供する。

【解決手段】 流入水1を生物反応槽11に導入する。生物反応槽11の前段部11aにおける処理により、炭素質の汚濁物質がおおむね除去され、アンモニアの酸化がほとんど起こっていない段階の1次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、陽極側流入管路21を経て、電極反応槽12の陽極室19に導入する。一方、生物反応槽11の後段部11bでは、主に微生物によるアンモニア態窒素の酸化が行われる。前段部11aないし後段部11bで処理された2次処理水は、陰極側流入管路22を経て、電極反応槽12の陰極室20に導入する。電極反応槽12では、陽極13および陰極14の間に電源17からそれぞれ配線15、16を介して直流電圧を印加し、1次および2次処理水に電流を流して電気分解を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 廃水を生物反応槽に導入して前記廃水に生物処理を施す工程と、

電極反応槽内に陽極としてのアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化する能力を有する電極または塩素イオンを塩素ガスに酸化する能力を有する電極と陰極として水を水素ガスに還元する能力を有する電極または硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素を窒素ガスに還元する能力を有する電極をそれぞれ配置し、前記生物反応槽で生物処理を受けた前記廃水を前記電極反応槽に導入し、前記陽極および前記陰極の間に電圧を印加して前記廃水の電気分解を行い、前記陽極において前記廃水中のアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化すると共に、前記陰極において前記廃水中の硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素を窒素ガスに還元する工程とを具備することを特徴とする廃水処理方法。

【請求項2】 前記電極反応槽内に、電気を通すが廃水中の水分子、固形物、アンモニア態窒素および硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素を実質的に透過しない導電性隔膜を配し、前記電極反応槽を陽極側および陰極側に隔てる請求項1記載の廃水処理方法。

【請求項3】 前記陽極側に前記生物処理槽で処理を受けた前記廃水のうちアンモニア態窒素を含むがその他の還元性物質を実質的に含まない処理水を導入し、前記陰極側に前記生物処理槽で処理を受けた前記廃水のうち窒素成分を硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素の形で含む処理水を導入する請求項2記載の廃水処理方法。

【請求項4】 前記生物処理槽の前段部から取り出した処理水を前記陽極側に、前記生物処理槽の後段部から取り出した処理水を前記陰極側にそれぞれ導入する請求項2記載の廃水処理方法。

【請求項5】 前記生物処理槽が好気部および嫌気部からなる請求項1記載の廃水処理方法。

【請求項6】 前記電極反応槽内に、電気を通すが廃水中の水分子、固形物、アンモニア態窒素および硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素を実質的に透過しない導電性隔膜を配し、前記電極反応槽を陽極側および陰極側に隔てる請求項5記載の廃水処理方法。

【請求項7】 前記生物処理槽の前記好気部から取り出した処理水を前記電極反応槽の前記陽極側に導入し、前記生物処理槽の前記嫌気部から取り出した処理水を前記電極反応槽の前記陰極側に導入する請求項6記載の廃水処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、廃水処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、汚水中から窒素成分を除去する方法としては、生物学的方法や物理化学的方法が用いられ

ている。これらのうち生物学的方法は、アンモニア態窒素を酸化する能力を有する微生物の作用を利用して、廃水中のアンモニア態窒素を、亜硝酸態窒素または硝酸態窒素（以下、 $\text{NO}_x\text{-N}$ と記す）まで酸化した後、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を還元する能力を有する微生物の作用を利用して、廃水中の $\text{NO}_x\text{-N}$ を窒素ガスに還元して、大気中に放散させる方法（以下、方法Iという）である。

【0003】かかる生物学的方法では、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を窒素ガスに還元するに当たって還元剤が必要である。例えば、水の電気分解によって陰極で発生する水素ガスを還元剤として利用する方法（以下、方法IIという）の研究（水環境学会誌、vol.17, No.10, pp.623-631）が行われている。また、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を電解還元して窒素ガスに処理する方法（以下、方法IIIという）（特開平2-172590号公報）も知られている。

【0004】また、物理化学的な処理方法としては、Ti/Pt等の材料を用いた電極を陽極として用い、廃水を電氣的に処理することによって廃水中のアンモニア態窒素を窒素ガスに直接酸化する方法（以下、方法IVという）の研究が行われている（Water Research, vol.29, No.2, pp.517-524, (1995)）。また、水の電気分解により発生する次亜塩素酸を利用して、アンモニアを処理する方法（以下、方法Vという）（中村文雄ら訳、"廃水の高高度浄化法"、p.224, pp.205-206(1975)）も公知である。

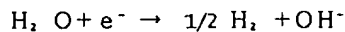
【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述の生物学的な処理方法は、生物反応を利用しているために、反応速度が小さく、反応に長時間を要し、反応時間を短縮するためには反応槽容積を大きくする必要がある。以下、この問題をより具体的に説明する。図10は、従来の標準活性汚泥法と呼ばれる生物学の廃水処理のフローを示す。この方法では、流入水161は、活性汚泥が収容された好気処理のための反応槽162に流入され、次いで、活性汚泥を含む処理水163を沈殿池164に導入する。沈殿池164で活性汚泥を沈殿させて処理水163から分離する。回収された活性汚泥165は反応槽162に戻され、一方、処理水166は放流される。この方法は、現在の廃水処理の主流であるが、主に炭素質の汚濁物質の除去を目的として設計されたもので、現在の施設では、アンモニア態窒素の除去には反応時間が不足しており、アンモニア態窒素の酸化率が小さいという問題がある。すなわち、廃水の生物学的な処理では、まず、炭素質の汚濁物質の分解が起こった後、アンモニア態窒素の酸化が行われる。しかし、現状の設備は炭素質の汚濁物質の分解を目的として設計されている。このため、現存の施設において、アンモニア態窒素の酸化を向上させるためには、反応槽162を拡張する必要がある。また、新規設備の設計では大型の反応槽162を採用する必要がある。いずれの場合にも、設備コストの増大を避けること

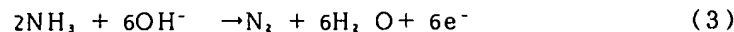
ができない。また、標準活性汚泥法は、反応槽162全体が好気条件であるため、無酸素の部分が存在せず、 NO_x-N を窒素ガスに還元することができず、処理水166中に NO_x-N が残留する不都合がある。

【0006】図11は、従来の硝化-内生脱窒法と呼ばれる生物学的処理のフローである。この方法では、流入水171は、反応槽172の活性汚泥が収容された好気処理のため好気部173に流入され、次いで嫌気処理のための嫌気部174に導入される。この後、活性汚泥を含む処理水175は沈殿池176に導入される。沈殿池176で活性汚泥を沈殿させて処理水175から分離する。回収された活性汚泥177は好気部173に戻され、一方、処理水178は放流される。この方法では、反応槽172の前段の好気部173を好気条件としてアンモニア態窒素を NO_x-N まで酸化した後に、後段の嫌気部174を無酸素条件とすることにより、 NO_x-N を窒素ガスに還元するものである。しかし、生物の反応速度が小さいために、巨大な反応槽172（滞留時間として20～24時間程度）を必要とする。

【0007】図12は、硝化液循環法とよばれる生物学的処理のフローである。この方法では、流入水181は、反応槽182の嫌気部183に流入され、次いで好気部184に導入される。処理水と活性汚泥の混合液189は嫌気部183に戻される。この後、活性汚泥を含む処理水185は沈殿池186に導入される。沈殿池1



式(1)および(2)から1モルの NO_x-N を窒素ガスに還元するためには、10ファラデーの電気量が必要であることが判る。従って、電圧を3Vと仮定すると、 NO_x-N 濃度が25mg/リットルの廃水1m³を処理するのに必要な電力量は、0.72KWHと計算される。この値は、生物学的な窒素除去方法における処理プロセス全体（ポンプ類、ブロー等）での消費電力が0.5KWH程度であることを考えると非常に大きな値であり、よって方法Iは、エネルギー消費の面から問題※



この式(3)から、1モルのアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化するためには、3ファラデーの電気量が必要であることが判る。従って、電圧を3Vと仮定すると、アンモニア態窒素濃度が25mg/lの廃水1m³を処理するのに必要な電力量は0.22KWHと計算される。一方、従来の窒素除去型ではない生物処理プロセスの消費エネルギーは0.2～0.4KWH/m³とされている。故に、この生物処理プロセスの消費エネルギーに上述の電気量を加算すると、方法IVにおける総消費エネルギーは、0.42～0.62KWH/m³となる。この値は、生物学的な窒素除去方法における処理プロセス全体（ポンプ類、ブロー等）での消費電力である0.5KWH程度と比べて大差無い値ではあるが、現段階では、電流効率は20%程度以下と小さい値しか得られ

* 86で活性汚泥を沈殿させて処理水185から分離する。回収された活性汚泥187は好気部183に戻され、一方、処理水188は放流される。この方法では、反応槽182の後段の好気部184を好気条件としてアンモニア態窒素を NO_x-N まで酸化した後に、処理水と活性汚泥の混合液189を前段の嫌気部183に循環し、嫌気部183で無酸素条件下で、 NO_x-N を窒素ガスに還元する。しかし、巨大な反応槽182（滞留時間として16～20時間程度）を必要とする。

10 【0008】また、この方法では、好気部184で生成した NO_x-N の一部は、嫌気部183に循環されずに処理水185となるため、理論上、高い窒素除去率を得るためには、循環比を高める必要がある。しかしながら、循環比を高めることは循環ポンプの消費エネルギーの増大につながる。また、残りの流入水185は嫌気部183に循環されずに系外へ排出されるため、処理水188中に NO_x-N が残留し、100%の窒素除去率は得られない。また、生物学的処理方法の共通の問題点として、生物反応の速度を制御することは難しく、流入水の水量や水質の変動に対して弱いという点が挙げられる。

【0009】また、方法IIでは、陰極での水素の生成反応は下式(1)で、発生した水素と NO_x-N の反応は下式(2)で表される。



※がある。

【0010】さらに、方法IIでは、陽極に炭素材が用いられている。このため、陽極では、発生する酸素によって炭素材が二酸化炭素に変わる反応が起きているだけで、陽極は、廃水の処理には利用されていない。方法IIについて、方法IIと同様の問題が認められる。

【0011】また、方法IVでは、陽極での反応は下式(3)に従うとされている。



ず、やはりエネルギー消費の面から問題がある。さらに、廃水中に、アンモニア態窒素以外の還元生物質が存在すると、その酸化のために電力が消費されるため、アンモニア態窒素の処理の見かけの電流効率はさらに小さい値となる。また、陰極から水素が発生するが、この水素を積極的に処理に利用しようとした例はない。なお、従来技術Vにおいても、消費エネルギーは大きく、陰極から発生する水素を積極的に処理に利用しようとした例はない。また、陽極でアンモニア態窒素を NO_x-N に酸化した後、陽極処理水を陰極側に導入し、陰極で NO_x-N を窒素ガスに処理する方法（以下、方法VIという）（特開平第6-182344号公報）も公知である。しかし、この方法では、窒素ガスよりさらに酸化された形態の NO_x-N までいったん酸化し、その NO_x

-Nを、還元処理することとなるため、消費エネルギーは従来技術IVと比較して、さらに大きなものとなる。

【0012】本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、反応槽の容積が小さく、かつ、処理水の水質の変動が小さくかつ消費エネルギーの小さい廃水中の窒素成分の除去を可能とする廃水処理方法を提供する。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、廃水を生物反応槽に導入して前記廃水に生物処理を施す工程と、電極反応槽内に陽極としてのアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化する能力を有する電極または塩素イオンを塩素ガスに酸化する能力を有する電極と陰極として水を水素ガスに還元する能力を有する電極または硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素を窒素ガスに還元する能力を有する電極をそれぞれ配置し、前記生物反応槽で生物処理を受けた前記廃水を前記電極反応槽に導入し、前記陽極および前記陰極の間に電圧を印加して前記廃水の電気分解を行い、前記陽極において前記廃水中のアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化すると共に、前記陰極において前記廃水中の硝酸態窒素および／または亜硝酸態窒素を窒素ガスに還元する工程とを具備することを特徴とする廃水処理方法を提供する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の廃水処理方法の実施形態を図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理設備を示す概略図である。図中11は生物反応槽である。生物反応槽11は、標準活性汚泥法の反応槽である。生物反応槽11の底部には散気手段が配置され、散気手段から酸素含有ガス（例えば、空気）が吹き込まれ、生物反応槽11の内部全体が好気条件になっている。生物反応槽11内には、炭素質の汚濁物質生物の分解能力を有する微生物やアンモニアの酸化能力を有する微生物が浮遊している。生物反応槽11には、処理前の廃水（以下、流入水という）1が供給されるようになっている。

【0015】一方、図1中12は、電極反応槽である。電極反応槽12の内部には、一対の陽極13および陰極14が互に対向して配置されている。陽極13は、アンモニア態窒素を窒素ガスに酸化する能力を有する電極で構成されている。アンモニア態窒素を窒素ガスに酸化する能力を有する電極は、例えば、表面を白金で被覆されたチタン電極（Ti/Pt電極）、表面を白金とイリジウムで被覆されたチタン電極（Ti/Pt/Ir）等である。

【0016】一方、陰極14は、水を水素ガスに還元する能力を有する電極で構成される。この第1実施形態では、陰極14は、表面に微生物が固定化された炭素電極である。

【0017】上記陽極13および陰極14は、それぞれ配線15、16を介して電源17の陽極側および陰極側

にそれぞれ接続されている。電極反応槽12内は、導電性隔膜18により、陽極室19および陰極室20に分割されている。この導電性隔膜18は、電気を通すが水分子、固形物、アンモニア態窒素およびNO_x-Nを実質的に透過しない材質からなる。導電性隔膜18は、多くのメーカーから供給されているが、

- a) 異符号イオン間の選択透過性が高いこと、
- b) 良好な電気伝導性を有すること、
- c) 水の輸率が低いこと等の条件を満たすことが望ましい。

【0018】電極反応槽12の陽極室19には、陽極側流入管路21が接続されている。この陽極側流入管路21の他端部は、生物反応槽11の前段部11aに接続されている。この陽極側流入管路21により、生物反応槽11の前段部11aから、ここで処理を受けた廃水（以下、1次処理水という）および活性汚泥の混合液の一部が陽極室19に導入される。

【0019】一方、電極反応槽12の陰極室20には、陰極側流入管路22が接続されている。この陰極側流入管路22の他端部は、生物反応槽11の後段部11bに接続されている。この陰極側流入管路22により、生物反応槽11の後段部11bから、前段部11aおよび後段部11bで処理を受けた廃水（以下、2次処理水という）および活性汚泥の混合物が陰極室22に導入される。

【0020】電極反応槽12の陽極室19および陰極室20の後段部には、それぞれ、流出管路23、24がそれぞれ接続されている。これらの流出管路23、24は一つの流出管路25に合流している。この流出管路25の後流側端部は、沈殿池26まで達している。この沈殿池26には、後述のように沈殿した活性汚泥を、生物反応槽11の前段部11bに戻すための返送用管路27が設けられている。

【0021】上述のような構成からなる廃水処理設備10を用いて次のような廃水処理が行われる。まず、流入水1を生物反応槽11に導入する。生物反応槽11の前段部11aでは、活性汚泥中の微生物による分解で炭素質の汚濁物質がおおむね除去されるが、アンモニアの酸化はほとんど起こらない。これは、炭素質の汚濁物質生物の分解能力を有する微生物の方が、アンモニアの酸化能力を有する微生物より高い反応速度を有し、かつ、高い酸素獲得能力を有すること、および、一部のアンモニアを酸化する能力を有する微生物は、有機物が存在する場合には、アンモニアより有機物を優先的に分解する性質を持つことによる。

【0022】この生物反応槽11の前段部11aにおける処理により、炭素質の汚濁物質がおおむね除去され、アンモニアの酸化がほとんど起こっていない段階の1次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、陽極側流入管路21を経て、電極反応槽12の陽極室19に導入す

10

20

30

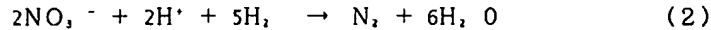
40

50

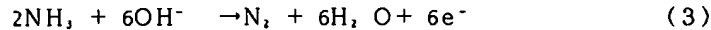
る。

【0023】一方、生物反応槽11の後段部11bでは、主に微生物によるアンモニア態窒素の酸化が行われる。前段部11aないし後段部11bで処理された2次処理水は、陰極側流入管路22を経て、電極反応槽12の陰極室20に導入する。

【0024】電極反応槽12では、陽極13および陰極*



一方、陽極13側では、下式(3)に示す反応が進行 ※ ※し、アンモニア態窒素が窒素ガスに酸化される。



このよう電極反応槽12の陽極室19および陰極室20で処理された3次処理水および活性汚泥の混合物を、流出管路23、24および流出管路25を順次介して沈殿池26に導入する。沈殿池26では、混合物中に含まれている活性汚泥を沈殿させる。沈殿した活性汚泥を、返送管路27を介して生物反応槽11の前段部11aに戻して再利用する。沈殿池26で微生物が沈殿した後の上澄み水は、最終処理水28として放流される。通常、最終処理水28は、滅菌処理を施された後に放流される。

【0026】上述のような本発明の第1実施形態に係る廃水処理方法では、生物反応槽11の前段部11aから、前段部11aで炭素質の汚濁物質がおおむね除去され、アンモニアの酸化がほとんど起こっていない段階の1次処理水および活性汚泥の混合物の一部が抜き取られている。これにより、後段部11bに送られる廃水の量が削減されるために、生物反応槽11の後段部11bでの廃水の滞留時間が長くなる。この結果、アンモニアの生物学的な酸化処理に必要な反応時間を、比較的容積が小さい生物反応槽でも十分に確保することができるので、生物反応槽11ではほぼ100%のアンモニア態窒素の酸化が行われる。

【0027】このように後段部11bで処理される廃水の量を少なくすること、言い換えれば、生物反応槽11の水量負荷が軽減されることにより、アンモニア態窒素の100%分解に必要な生物反応槽11の容積を小さくすることが可能である。このため、現存の施設の容積が不足していると考えられている反応槽においてもほぼ100%のアンモニア態窒素の酸化が可能になる。また、新たに施設を建設する場合にも、設計段階で小型の生物反応層を採用することが可能である。このように第1実施形態に係る廃水処理方法によれば、廃水処理施設の設備コストを大幅に低減できる。

【0028】また、生物反応槽11の前段部11aから抜き取られた処理水および汚泥の混合物については、電極反応槽12の陽極室19において、この混合物中に豊富に含まれているアンモニア態窒素が、上記式(3)に従って、窒素ガスへ酸化される。一方、生物反応槽11の後段部11bから流出した、アンモニア態窒素をほとんど含まないが NO_x-N を含む2次処理水に対して

* 14の間に電源17からそれぞれ配線15、16を介して直流電圧を印加し、生物反応槽11からの1次および2次処理水に電流を流して電気分解を行う。電極反応槽12での電気分解により、陰極14側では、下記式(1)および(2)に示す反応が進行し、 NO_x-N が分解される。

【0025】

(2)

※ ※し、アンモニア態窒素が窒素ガスに酸化される。

(3)

は、電極反応槽12の陰極室20において、上記式

(1)および(2)に従って、 NO_x-N が窒素ガスに分解される。

【0029】このように電極反応槽12では、上記式

(1)、(2)および(3)の反応が同時に進行する。

このため、電流が陽極13と陰極14の両方で利用される。つまり、上記説明した通り、従来の方法I、IIでは、1モルの NO_x-N の還元に必要な水素を発生させるために、10ファラデーの電流が必要であり、この電流は陽極では有効利用されていない。しかしながら、この第1実施形態の方法では、陽極13はアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化する能力を有する電極で構成されているため、この電流が陽極13でも有効利用される。これにより、この第1実施形態の方法では、陽極13での電力の利用効率を20%と仮定した場合、10ファラデーの電流で1モルの NO_x-N の処理と同時に、0.67モルのアンモニア態窒素の処理が可能となる。よって、窒素元素に着目すれば、方法I、IIでは1モルの窒素の処理が行われた電力量によって、この第1実施形態では1.67モルの窒素の処理が行われることとなる。陽極13での効率が向上すればさらに大きな値となる。以上説明したように、本発明の第1実施形態の廃水処理方法によれば、従来の方法と比較して大幅な処理エネルギーの削減が可能となる。

【0030】なお、陽極13および陰極14での電極反応速度は、生物学的反応速度に比べて1オーダー以上大きいので、比較的小型の電極反応槽11を採用できる。このため、生物反応槽11および電極反応槽12を組み合わせても、上記説明した生物反応槽11の小型化のメリットは損なわれることがない。

【0031】また、電極反応速度は、電流を制御することにより自由にコントロール可能である。このため、流入水1の量および性状に合わせて、または、実際の処理水の水質と要求処理水質の関係から、電極反応槽12への1次および2次処理水の投入量、生物反応槽11の前段部11aにおける1次処理水の取水位置並びに電気分解の電流量および電圧の制御を行うことによって、処理エネルギーをさらに低減できると共に、処理水の水質の変動幅を小さくすることが可能である。

【0032】以上説明したように、本発明の第1実施形

20

30

40

50

態に係る廃水処理方法によれば、従来の廃水処理方法に比べて、反応槽の容積を低減できるとともに、処理エネルギーを削減し、かつ、処理水の水質の変動幅を小さくできる。

【0033】次に、図2を参照して本発明の廃水処理方法の第2実施形態について説明する。図2中の符号のうち、図1に示す符号と同じものは、特に説明する場合を除き、第1実施形態に関して説明した部材と同じものを示す。

【0034】この第2実施形態に係る廃水処理方法で用いられる廃水処理設備30では、第1実施形態と同様に、標準活性汚泥法の生物反応槽11が用いられる。生物反応槽11の前段部11aには、取水用管路31が接続されている。この取水用管路31の出口側には、第1沈殿池32が設けられている。第1沈殿池32には、上澄み液を電極反応槽12の陽極室19に導入する陽極側流入管路33が接続されている。また、第1沈殿池32には、沈殿した活性汚泥を生物反応槽11の前段部11aに送り返す第1返送用管路34が設けられている。

【0035】一方、生物反応槽11の後段部11bには、送通用管路35が設けられ、この送通用管路35の出口側には、第2沈殿池36が設けられている。この第2沈殿池36には、上澄み液を電極反応槽12の陰極室20へ導入するための陰極側流入管路37が設けられている。また、第2沈殿池36で沈殿した微生物を生物反応槽11の前段部11aに送り返すための第2返送用管路38が設けられている。

【0036】第2実施形態では、陰極14として、微生物を固定した電極または NO_x-N を窒素ガスに還元する能力を有する電極を用いている。電極反応槽12の陽極室19および陰極室20の後段部には、それぞれ、流出管路39、40が接続され、流出管路39、40は一つの流出管路41に合流している。

【0037】上述のような廃水処理設備30を用いて次のような廃水処理が行われる。まず、流入水1を生物反応槽11に導入する。生物反応槽11の前段部11aから、炭素質の汚濁物質がおおむね除去され、アンモニアの酸化がほとんど起こっていない段階の1次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、取水用管路31を介して、第1沈殿池32に導入する。この第1沈殿池32において、混合物中の活性汚泥を沈殿させる。第1沈殿池32で得られた上澄み液を、陽極側流入管路33を経て、電極反応槽12の陽極室19に導入する。一方、沈殿した活性汚泥は、第1返送用管路34を介して、生物反応槽11の前段部11aに送り返し、再利用する。

【0038】一方、生物反応槽11の後段部11bでは、主に微生物によるアンモニア態窒素の酸化が行われる。前段部11aないし後段部11bで処理された2次処理水および活性汚泥の混合物を、送通用管路35を経て、第2沈殿池36に導入する。この第2沈殿池36で

は、混合物中の活性汚泥が沈殿させる。第2沈殿池36で得られた上澄み液を、陰極側流入管路37を介して、電極反応槽12の陰極室20に導入する。一方、第2沈殿池36で沈殿した活性汚泥は、第2返送用管路38を介して、生物反応槽11の前段部11aに送り返し、再利用する。

【0039】電極反応槽12では、上澄み液に対して、第1実施形態と同様に、電流を流して電気分解を行う。電極反応槽12での電気分解により、陰極14側では、上記式(1)および(2)に示す反応が進行し、 NO_x-N が窒素ガスに還元される。一方、陽極13側では、上記式(3)に示す反応が進行し、アンモニア態窒素が窒素ガスに酸化される。

【0040】このよう電極反応槽12の陽極室19および陰極室20で処理された3次処理水を、流出管路39、40および流出管路41を順次介して、最終処理水として放流させる。通常最終処理水は、滅菌処理を施された後に放流される。

【0041】以上説明した第2実施形態に係る廃水処理方法では、第1および第2沈殿池31、36において、生物反応槽11からの混合液から微生物を含む活性汚泥を沈殿除去しているので、電極反応槽12へ微生物は流入しない。このため、微生物の活性は、大電流を陽極13および陰極14の間に流すと低下することがあるが、この第2実施形態では、陰極14として、 NO_x-N を窒素ガスに還元する能力を有する電極を用いた場合には、電極反応槽12の中には微生物は関与しないので、大電流を流しても問題ない。この結果、第2実施形態に係る廃水処理方法は、生物反応槽11を小型化できる等の第1実施形態の方法と同様の効果に加え、陽極13および陰極14の間に大電流を流し、電極反応槽12の処理能力を増大させることができるという効果を奏する。

【0042】次に、図3を参照して本発明の廃水処理方法の第3実施形態について説明する。図3中の符号のうち、図1および図2に示す符号と同じものは、特に説明する場合を除き、第1実施形態および第2実施形態に関して説明した部材と同じものを示す。

【0043】図3に示す廃水処理設備50を用いた第3実施形態に係る廃水処理方法は、以下の点を除き、上述の第2実施形態に係る廃水処理方法と同様である。

- ・生物反応槽11の後段部11bから流出した2次処理水および活性汚泥の混合物を、陰極側流入管路42を介して陰極室20に直接導入すること、および、
- ・陰極室20で電気分解を受けた2次処理水および活性汚泥の混合物を、排出管路39の途中に設けられた第2沈殿池43に導入し、この第2沈殿池43で混合物中の活性汚泥を沈殿させ、上澄み液を陽極室19で電気分解された3次処理水と共に最終処理水として放流し、かつ、沈殿した活性汚泥を第2返送用管路44を介して生物反応槽11の前段部11aに返送して再利用するこ

と。

【0044】このような第3実施形態に係る廃水処理方法によれば、第2実施形態の方法と比較して、陰極14自体に微生物を固定しなくとも、活性汚泥中に存在する微生物によって処理ができるという利点がある。

【0045】以上説明した第1～第3実施形態に係る廃水処理方法では、いずれも生物反応槽11に標準活性汚泥法を適用した。しかし、例えば、回転円板法または流動床法のような生物学的な好気性廃水処理方法を適用できる。

【0046】次に、本発明の第4実施形態に係る廃水処理方法について説明する。図4は、第4実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理設備を示す概略図である。図4中61は、生物反応槽であり、硝化-内生脱窒法を適用したものである。生物反応槽61は、好気部62と、好気部62の後段に設けられた嫌気部（無酸素槽）63を具備する。生物反応槽61の前段に設けられた好気部62の底部には、散気装置（図示せず）が配置されており、散気装置から酸素含有ガス（通常空気）が吹き込まれ、好気部62内全体が好気条件下に置かれている。一方、生物反応槽61の後段に設けられた嫌気部63は、酸素含有ガスを吹き込まず攪拌だけを行うことにより、無酸素状態になっている。生物反応槽61の内部には、炭素質の汚濁物質生物の分解能力を有する微生物やアンモニアの酸化能力を有する微生物を含有する活性汚泥が浮遊している。生物反応槽61には、処理前の流入水1が供給されるようになっている。

【0047】一方、図4中64は電極反応槽である。電極反応槽64の内部には、一対の陽極65および陰極66が互いに対向して配置されている。陽極65は、第1実施形態と同様に、アンモニア態窒素を窒素ガスに酸化する能力を有する電極で構成されている。一方、陰極66は、第1実施形態と同様に、水を水素ガスに還元する能力を有する電極で構成される。

【0048】上記陽極65および陰極66は、それぞれ配線67、68を介して電源69の陽極側および陰極側にそれぞれ接続されている。電極反応槽64内は、導電性隔膜70により、陽極室71および陰極室72に分割されている。この導電性隔膜18は、第1実施形態と同様に、電気を通すが廃水中の水分子、固形物、アンモニア態窒素および NO_x-N を実質的に透過しない材質からなる。

【0049】生物反応槽61の好気部62の前段部62aには、陽極側流入管路73が接続され、電極反応槽64の陽極室70へ通じている。また、生物反応槽61の嫌気部63の前段部63aには、陰極側流入管路74の一端部が接続されている。この陰極側流入管路74の他端部は、電極反応槽64の陰極室72に接続されている。

【0050】さらに、生物反応槽61の嫌気部63の後

段部63bには、送通用管路75を介して沈殿池76が接続されている。電極反応槽64の陽極室71および陰極室72の後段部には、それぞれ、流出管路77、78がそれぞれ接続されている。これらの流出管路77、78は一つの流出管路79に合流している。この流出管路79の後流側端部は、沈殿池76まで達している。沈殿池76には、沈殿した活性汚泥を生物反応槽61の好気部62に戻すための返送用管路80が設けられている。

【0051】上述のような構成からなる廃水処理設備60を用いて次のような廃水処理が行われる。まず、流入水1を生物反応槽61の好気部62に導入する。好気部62では、活性汚泥中の微生物の好気条件下での反応により、流入水1中のアンモニア態窒素が NO_x-N まで酸化される。さらに後段の嫌気部63では、微生物の嫌気条件下での反応により、 NO_x-N が窒素ガスに還元される。

【0052】ここで、好気部62の前段部62aから、炭素質の汚濁物質がおおむね除去され、アンモニアの酸化がほとんど起こっていない段階の1次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、陽極側流入管路73を介して電極反応槽64の陽極室71に導入する。また、嫌気部63の前段部63aから、好気部62においてアンモニア態窒素がほとんど100% NO_x-N に酸化された段階の2次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、陰極側流入管路74を介して電極反応槽64の陰極室72に導入する。

【0053】また、嫌気部63から後段部63bまでの間に、 NO_x-N がほとんど100%窒素ガスに還元された3次処理水および活性汚泥の混合物は、配送用管路75を介して沈殿池76に導入する。

【0054】電極反応槽64では、陽極65および陰極66の間に電源69からそれぞれ配線68、69を介して直流電圧を印加し、生物反応槽61からの1次処理水および2次処理水に電流を流して電気分解を行う。電極反応槽64での電気分解により、陰極66側では、上記式(1)および(2)に示す反応が進行し、 NO_x-N が窒素ガスに還元される。一方、陽極65側では、上記式(3)に示す反応が進行し、アンモニア態窒素が窒素ガスに酸化される。

【0055】このように電極反応槽64の陽極室71および陰極室72で処理された処理水および活性汚泥の混合物を、流出管路77、78および流出管路79を順次介して沈殿池76に導入する。沈殿池76では、混合物中の活性汚泥を沈殿させる。沈殿した活性汚泥を、返送用管路80を介して生物反応槽61の好気部62に戻して再利用する。一方、沈殿池26で活性汚泥が沈殿した後の上澄み水は、最終処理水81として放流される。通常、最終処理水81は、滅菌処理を施された後に放流される。

【0056】上述のように第4実施形態にかかる廃水処

理方法によれば、生物反応槽61の好気部62の前段部62aから、炭素質の汚濁物質がおおむね除去され、アンモニアの酸化がほとんどおこっていない段階の1次処理水および活性汚泥の一部を抜き取る。これにより、好気部62の後段部62bに流入する水量が減少し、後段部62bでの水の滞留時間が長くなる。このため、生物反応槽61の好気部62の容積が従来のように小さくても、後段部62bにおいて、廃水中のほぼ100%のアンモニア態窒素が酸化され、窒素ガスとなる。

【0057】また、生物反応槽61の嫌気部63の前段部63aからは、好気部62でアンモニア酸化処理を受けた2次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、陰極側流入管路74を介して電極反応槽64の陰極室72に導入する。これにより、嫌気部63で処理される水量が低減され、無酸素の嫌気条件下の嫌気部63での廃水の滞留時間が長くなる。この結果、嫌気条件下での微生物による還元反応により、ほぼ100%のアンモニア態窒素が還元され、窒素ガスになる。

【0058】好気部62の前段部62aおよび嫌気部63の前段部63aから抜き取られた1次処理水および2次処理水に対しては、第1実施形態と同様に、それぞれ、電極反応槽64の陽極室71および陰極室72で電気分解による処理が施される。この電気分解では、第1実施形態に関して説明した通り、上記式(1)、(2)および(3)の反応が同時に進行する。このため、電流が陽極13と陰極14の両方で利用されるので、従来の方法と比較して大幅に処理エネルギーを削減できる。

【0059】以上説明したように、この第4実施形態の廃水処理方法によれば、第1実施形態で説明した活性汚泥法の場合と同様に、硝化-内生脱窒法を適用した生物反応槽61の好気部62および嫌気部63において十分な酸化および還元反応に必要な容積を小さくできるため、従来の廃水処理方法と比較して、同等またはより小さい生物反応槽を用いて、廃水中の汚濁物質を十分に除去できる。また、電極反応槽64での電気分解の消費エネルギーも削減できる。

【0060】次に図5を参照して本発明の第5実施形態に係る廃水処理方法について説明する。図5中に示す符号のうち、図4に示す符号と同じものは、特に説明する場合を除き、第4実施形態に関して説明した部材と同じものを示す。

【0061】この第5実施形態に係る廃水処理方法で用いられる廃水処理設備90は、次の点が図4に示す廃水処理設備60と相違する。第1に、生物反応槽61の好気部62の前段部62aから1次処理水および活性汚泥の混合物を抜き取るための陽極側流入管路73の途中に、第2の沈殿池91が設けられている。また、沈殿池91には、沈殿した活性汚泥を好気部62に送り返すための返送用管路92が設けられている。

【0062】第2に、生物反応槽61の嫌気部63の前

段部63aから2次処理水および活性汚泥の混合物を抜き取るための陰極側流入管路74の途中には、第3の沈殿池93が設けられている。この沈殿池93には、返送用管路94が接続され、この返送用管路94は、第2の沈殿池91に接続された返送用管路92に合流している。

【0063】第3に、電極反応槽64の陽極室71および陰極室72にそれぞれ接続された流出管路77、78は、流出管路95に合流し、電極反応槽64で処理された水は、流出管路77、78および流出管路95を経て、第1の沈殿池76からの水と共に、最終処理水81として放出されるようになっている。

【0064】上述の廃水処理設備90を用いた第5実施形態に係る廃水処理方法では、生物処理槽61の好気部62の前段部62aから抜き取られた1次処理水および活性汚泥の混合物を、陽極側流入管路72の途中に設けられた沈殿池91に導入し、この沈殿池91において混合物中の活性汚泥を沈殿分離する。沈殿した活性汚泥は、搬送用管路92を介して好気部62の前段部62aに送り返して再利用に供する。一方、沈殿池91で活性汚泥が分離された1次処理水を、陽極側流入管路72を介して、電極反応槽64の陽極室71に導入する。

【0065】同様に、嫌気部63の前段部63aから抜き取られた2次処理水および活性汚泥の混合物を、陰極側流入管路74の途中に設けられた沈殿池93に導入し、この沈殿池93において混合物中の活性汚泥を沈殿分離する。沈殿した活性汚泥は、搬送用管路92および93を介して好気部62の前段部62aに送り返して再利用に供する。一方、沈殿池93で活性汚泥が分離された2次処理水を、陰極側流入管路74を介して電極反応槽64の陰極室72に導入する。

【0066】このように電極反応槽64の陽極室71および陰極室72には、活性汚泥を含まない1次および2次処理水を導入するため、電極反応槽64へ微生物は流入しない。このため、微生物の活性は、大電流を陽極67および陰極68の間に流すと低下することがあるが、この第5実施形態では、陰極67として、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を窒素ガスに還元する能力を有する電極を用いた場合には、電極反応槽64の中には微生物は関与しないので、大電流を流しても問題ない。この結果、第5実施形態に係る廃水処理方法は、生物反応槽61を小型化できる等の第4実施形態の方法と同様の効果に加え、陽極67および陰極68の間に大電流を流し、電気反応槽64の処理能力を増大させることができるという効果を奏する。

【0067】次に、図6を参照して本発明の第6実施形態にかかる廃水処理方法について説明する。図6中に示す符号のうち、図4および5に示す符号と同じものは、特に説明する場合を除き、第4、5実施形態に関して説明した部材と同じものを示す。図6に示す廃水処理設備100は、第5実施形態の廃水処理設備90と異なり、

10

20

30

40

50

陰極側流入管路74の途中に設けられた沈殿池93に代えて、電極反応槽64の陰極室72に接続された流出管路78の途中に沈殿池101が設けられている。また、沈殿池101には、返送用管路102が接続されている。

【0068】この廃水処理設備100を用いた第6実施形態に係る廃水処理方法では、生物反応槽61の嫌気部63の後段部63aから抜き取った2次処理水および活性汚泥の混合物を、陰極側流入管路74を介して、電極反応槽64の陰極室72に導入し、電気分解処理が施された後の混合物を沈殿池101に導入する。沈殿池101において混合物中の活性汚泥を沈殿分離し、搬送用管路92および102を介して好気部62へ送り返して再利用に供している。一方、活性汚泥が分離された、電極反応槽64で処理された処理水を、流出管路78および95を経て、最終処理水81として放出している。このように、電極反応槽64の陰極室72内には微生物が存在している。このため、陰極66自体に微生物を固定化する必要がない利点がある。

【0069】なお、第5実施形態および第6実施形態の廃水処理方法において、電極反応槽64で処理された処理水を沈殿池76に導入しても良い。また、第4実施形態ないし第6実施形態の廃水処理方法において、生物反応槽61の嫌気部63の後段に好気条件の再曝気槽を設けて、3次処理水および活性汚泥の混合物を導入してさらに処理しても良い。

【0070】以下、生物反応槽に硝化液循環法を適用した本発明の廃水処理方法の実施形態について説明する。図7は、本発明の第7実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理設備110を示す概略図である。図中111は硝化液循環法を適用した生物反応槽である。生物反応槽111は、前段の嫌気部112および後段の好気部113を具備する。

【0071】図7中114は、電極反応槽である。電極反応槽114の内部には、一対の陽極115および陰極116が互いに対向して配置されている。陽極115および陰極116は、それぞれ配線117、118を介して電源119の陽極側および陰極側にそれぞれ接続されている。

【0072】電極反応槽114内は、電気を通すが水分子、固形物、アンモニア態窒素および NO_x-N を実質的に透過しない材質からなる電性隔膜120により、陽極室121および陰極室122に分割されている。

【0073】生物反応槽111の好気部113の前段部には、陽極側流入管路123が接続されている。この陽極側流入管路123の他端部は、電極反応槽114の陽極室121に接続されている。

【0074】生物反応槽111の好気部113の後段部113bには、陰極側流入管路124が接続されている。この陰極側流入管路124の他端部は、電極反応槽

114の陰極室122に接続されている。また、生物反応槽111の好気部113の後段部113bには、処理水および活性汚泥の混合物の一部を嫌気部112へ送り返し、循環させるための循環用管路125が接続されている。

【0075】電極反応槽114の陽極室121および陰極室122の後段部には、それぞれ、流出管路126、127がそれぞれ接続されている。これらの流出管路126、127は一つの流出管路128に合流している。この流出管路128の後流側端部は沈殿池129まで達している。この沈殿池129には、後述のように沈殿した活性汚泥を、生物反応槽111の嫌気部112に戻すための返送用管路130が設けられている。

【0076】上述のような構成からなる廃水処理設備110を用いて、次の通り廃水処理が行われる。まず、流入水1を、生物反応槽111の嫌気部112を導入する。嫌気部112では、新しい流入水1と、後述のように好気部113から戻された処理水に対して、嫌気条件下で微生物により NO_x-N の還元が行われる。この嫌気部112で処理を受けた廃水（以下、1次処理水という）は、後段の好気部113に送られる。

【0077】好気部113の前段部113aでは、嫌気部112からの一次処理水に含まれる炭素質の汚濁物質が除去されているが、アンモニア態窒素の還元は起こっていない。この段階の廃水（以下、2次処理水という）および活性汚泥の混合物を、陽極側流入管路123を介して、電極反応槽114の陽極室121に導入する。

【0078】好気部113の後段部113bでは、残りの2次処理水中のアンモニア態窒素が、微生物により好気条件下で酸化され、窒素ガスになる。このように後段部113bで処理された廃水（以下、3次処理水という）および活性汚泥の混合物の一部を、陰極側流入管路124を介して、電極反応槽114の陰極室122に導入する。また、3次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、循環用管路125を介して生物反応槽111の嫌気部112に送り返す。

【0079】一方、電極反応槽114においては、陽極115および陰極116の間に電源119からそれぞれ配線118、119を介して直流電圧を印加し、生物反応槽111から導入された2次処理水および3次処理水に電流を流して電気分解を行う。電極反応槽114での電気分解により、陰極116側では、上記式(1)および(2)に示す反応が進行し、3次処理水中の NO_x-N が窒素ガスに還元される。一方、陽極115側では、上記式(3)に示す反応が進行し、2次処理水中のアンモニア態窒素が窒素ガスに酸化される。

【0080】このように電極反応槽114の陽極室121および陰極室122で処理された廃水（以下、4次処理水という）および活性汚泥の混合物を、流出管路126、127および流出管路128を順次介して沈殿池1

29に導入する。沈殿池129では、混合物中の活性汚泥を沈殿させる。沈殿した活性汚泥を、返送用管路130を介して生物反応槽111の嫌気部112に戻して再利用する。一方、沈殿池129で活性汚泥が沈殿した後の上澄み水は、最終処理水131として放流される。通常、最終処理水131は、滅菌処理を施された後に放流される。

【0081】上記第7実施形態に係る廃水処理方法によれば、生物反応槽111の好気部の113の前段部113aから、炭素質の汚泥物質がおおむね除去され、アンモニア態窒素の酸化がほとんど起こっていない段階の2次処理水および活性汚泥の混合物を、陽極側流入管路123を介して、電極反応槽114の陽極室121に導入する。これにより、生物反応槽114への水量負荷が軽減されるため、生物反応槽114での廃水の滞留時間が長くなる。この結果、生物反応槽111の容積が従来のように小さくても、生物学的な廃水処理を十分に行うことができる。

【0082】一方、好気部113の前段部113aおよび後段部113bから抜き取られた2次処理水および3次処理水に対しては、第1実施形態と同様に、それぞれ、電極反応槽114の陽極室121および陰極室122で電気分解による処理が施される。この電気分解では、第1実施形態に関して説明した通り、上記式

(1)、(2)および(3)の反応が同時に進行する。このため、電流が陽極115と陰極116の両方で利用されるので、従来の方法と比較して大幅に処理エネルギーを削減できる。

【0083】以上説明したように、この第7実施形態の廃水処理方法によれば、第1実施形態で説明した活性汚泥法の場合と同様に、硝化液循環法を適用した生物反応槽111の嫌気部112および好気部113において十分な酸化および還元反応に必要な容積を小さくできるため、従来の廃水処理方法と比較して、同等またはより小さい生物反応槽を用いて、廃水中の汚濁物質を十分に除去できる。また、電極反応槽114での電気分解の消費エネルギーも削減できる。

【0084】さらに、生物反応槽111の好気部113から流出する NO_x-N を豊富に含有する3次処理水は、電極反応槽111で処理するため、従来の硝化液循環法とは異なり、最終的に放出される最終処理水中に NO_x-N が残留するおそれが少ない。

【0085】上記第8実施形態では、生物反応槽111の好気部113の前段部113aから2次処理水および活性汚泥の混合物の一部を抜き取って、電極反応槽114の陽極室121に導入しているが、生物反応槽111の嫌気部112の後段部112bから1次処理水および活性汚泥の混合物の一部を抜き取っても良い。

【0086】図8は、本発明の第8実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理施設を示す概略図であ

る。図8中に示す符号のうち、図7に示す符号と同じものは、特に説明する場合を除き、第7実施形態に関して説明した部材と同じものを示す。

【0087】図8に示す廃水処理施設140は、次の点で図7に示す廃水処理設備110と相違する。第1に、生物反応槽111の好気部113の前段部113aから2次処理水および活性汚泥の混合物を抜き取るための陽極側流入管路123の途中に、沈殿池141が設けられている。また、沈殿池141には、沈殿した活性汚泥を嫌気部112に送り返すための返送用管路142が設けられている。

【0088】第2に、生物反応槽111の好気部113の後段部113aから3次処理水および活性汚泥の混合物を抜き取るための陰極側流入管路124の途中には、沈殿池143が設けられている。この沈殿池143には、返送用管路144が接続され、この返送用管路144は、沈殿池141に接続された返送用管路142に合流している。

【0089】第3に、電極反応槽64の陽極室71および陰極室72で処理された4次処理水は、流出管路126、127を経て、沈殿池を介さずに最終処理水145として放出するようになっている。

【0090】上述の廃水処理設備140を用いた第8実施形態に係る廃水処理方法では、生物処理槽111の好気部113の前段部113aから抜き取られた2次処理水および活性汚泥の混合物を、陽極側流入管路123の途中に設けられた沈殿池141に導入し、この沈殿池141において混合物中の活性汚泥を沈殿分離する。沈殿した活性汚泥は、搬送用管路142を介して嫌気部112の前段部112aに送り返して再利用に供する。一方、沈殿池141で活性汚泥が分離された2次処理水を、陽極側流入管路123を介して、電極反応槽114の陽極室121に導入する。

【0091】同様に、好気部113の後段部113bから抜き取られた3次処理水および活性汚泥の混合物の一部を、陰極側流入管路124の途中に設けられた沈殿池143に導入し、この沈殿池143において混合物中の活性汚泥を沈殿分離する。沈殿した活性汚泥は、搬送用管路142および143を介して嫌気部112の前段部112aに送り返して再利用に供する。一方、沈殿池143で活性汚泥が分離された3次処理水を、陰極側流入管路124を介して電極反応槽114の陰極室122に導入する。

【0092】このように電極反応槽114の陽極室121および陰極室122には、活性汚泥を含まない2次および3次処理水を導入するため、電極反応槽114へ微生物は流入しない。このため、微生物の活性は、大電流を陽極115および陰極116の間に流すと低下することがあるが、この第8実施形態では、陰極116として、 NO_x-N を窒素ガスに還元する能力を有する電極

10

20

30

40

50

を用いた場合には、電極反応槽114の中には微生物は関与しないので、大電流を流しても問題ない。この結果、第8実施形態に係る廃水処理方法は、生物反応槽111を小型化できる等の第7実施形態の方法と同様の効果に加え、陽極115および陰極116の間に大電流を流し、電気反応槽114の処理能力を増大させることができるという効果を奏する。

【0093】次に、図9を参照して本発明の第9実施形態にかかる廃水処理方法について説明する。図9中に示す符号のうち、図7および8に示す符号と同じものは、特に説明する場合を除き、第7、8実施形態に関して説明した部材と同じものを示す。図9に示す廃水処理設備150は、第5実施形態の廃水処理設備140と異なり、陰極側流入管路124の途中に設けられた沈殿池143に代えて、電極反応槽114の陰極室122に接続された流出管路128の途中に沈殿池151が設けられている。また、沈殿池151には、返送用管路152が接続されている。

【0094】この廃水処理設備150を用いた第9実施形態に係る廃水処理方法では、生物反応槽111の好気部113の後段部113aから抜き取った3次処理水および活性汚泥の混合物を、陰極側流入管路124を介して、電極反応槽114の陰極室122に導入し、電気分解処理が施された後の混合物を沈殿池151に導入する。沈殿池151において混合物中の活性汚泥を沈殿分離し、搬送用管路142および152を介して嫌気部112へ送り返して再利用に供している。一方、活性汚泥が分離された上澄み液を、流出管路128を経て、最終処理水131として放出している。このように、電極反応槽114の陰極室122内には微生物が存在している。このため、陰極116自体に微生物を固定化する必要がない利点がある。

【0095】なお、第6実施形態ないし第9実施形態の廃水処理方法において、生物反応槽111または61の嫌気部112または62の前段に嫌気槽を別途設け、流入水1と沈殿池141、151、または、91、101、76から返送された活性汚泥を嫌気槽に投入し、この嫌気槽での処理された処理水および活性汚泥の混合物を嫌気部112または62に投入しても良い。この場合、廃水中のリンの除去も可能になるという利点がある。

【0096】上述の第1、第3、第4、第6、第7および第9実施形態では、陰極室内に微生物が存在するため、陰極自体に微生物を固定化する必要はない。また、第1および第9実施形態では、陰極として NO_x-N を電気化学的に還元して窒素ガスとする能力を有する電極を用いることもできる。

【0097】前述したように、本発明では、陽極には、アンモニア態窒素を窒素ガスに酸化できる能力を有する電極の他に、塩素ガスを発生する電極を用いることもで

きる。ただし、この場合で、廃水の塩素イオン濃度が小さい場合には、廃水に塩化物を添加して塩素イオン濃度を上げることで、反応効率を上げることができる。また、第1、第4および第7実施形態では、塩素ガスが微生物の活性を阻害する場合があるので、これらの実施形態では、塩素ガスを発生する電極の利用には注意が必要である。

【0098】第1～第9実施形態に共通する事項として、次の事項が挙げられる。第1に、廃水と電極との接触効率を高めることは、反応効率を高く保つ上で有効であり、反応槽内を攪拌することは効果がある。さらに、電極反応槽の陽極室は酸化雰囲気であるため、陽極室内に空気のような酸素含有ガスを吹き込むことによって、攪拌を行うことができる。一方、陰極室内をガス攪拌する場合には、陰極室内は還元雰囲気であり、陰極室内には酸素を含有しないガスを吹き込む必要がある。

【0099】第2に、廃水中の窒素成分の濃度が低い場合には、電極反応槽を陽極と陰極を隔てる導電性隔膜は、必ずしも必要ではない。第3に、電極反応槽での消費電力は電圧と電流と通電時間の積に比例するが、反応量は電流と通電時間の積に比例する。よって、一定の反応量を一定の時間で得ようとした場合、所定の電流を流す必要があり、電流は下げることができないので、消費電力を減ずるためには電圧を下げれば良いことになる。ところで、電圧は電流と抵抗の積であり、前述のように電流値は一定であるとすれば、電圧を下げるためには抵抗を下げることとなる。ここで、本発明における電極間の電気抵抗は、反応内水の電気伝導度、電極間距離および電極面積の関数であり、伝導度が一定であれば電極間距離は小さいほど、電極面積は大きいほど電極間の電気抵抗は小さいこととなる。このことから、処理エネルギーの低減のためには、電極総面積を大とし電極を近接させて設置することが望ましい。

【0100】第4に、現状で開発されている電極での電力効率を考えると、10ファラデーの電流で1モルの NO_x-N の処理と同時に0.67モルのアンモニア態窒素の処理が可能であるため、 NO_x-N :アンモニア態窒素の比率が1:0.67となるように流量を設定することが効果的である。ただし、最適比率は、流入水の性状や、電極の効率によって異なる。

【0101】第5に、最終処理水に含まれる固形分を、膜分離、ろ過、遠心分離などの固液気分離を行うことによってさらに清澄な処理水とすることができる。特に、第2、第7および第8実施形態では、電極反応槽から流出した処理水が最終処理水として放出されるが、陰極として微生物を固定化した電極を用いた場合には処理水に電極から剥離した微生物が混入することがあるため、要求処理水質によっては、このような固液分離処理が必要となる場合がある。

【0102】第6では、流入水の全量をほぼ100%の

10

20

30

40

50

窒素除去率で処理することを目的とししているが、実際にはここまでの除去率が求められない場合もある。このような場合には、電極反応槽への導入水量や電極反応槽の電流、電圧などの運転条件を制御することで、処理水質を制御することができる。

【0103】第7に、ほぼ100%の窒素除去率が求められない場合には、さらに多様な変更が可能であり、従って、以下に示す変形例のすべてが本発明の範囲内に含まれる。すなわち、

- ・第1実施形態では生物反応槽11の後段部11bから10の混合物の一部を沈澱池26に導入すること、
- ・第2実施形態では、沈澱池32の上澄み液の一部を電極反応層12へは導入せず、最終処理水41に混合して放出すること、
- ・第3実施形態では、生物反応槽11の後段部11bからの混合物の一部を沈澱池43に導入すること、
- ・第7実施形態においては、生物反応槽111の好気部113の後段部113aからの混合物の一部を沈澱池131に導入すること、
- ・第8実施形態において、沈澱池141または143から20の上澄み液の一部を電極反応層114へは導入せず、最終処理水131と混合し放出すること、
- ・第9実施形態においては、生物反応槽111の好気部113の後段部113aからの混合物の一部を沈澱池151に導入すること。

【0104】以上のような変形例に係る廃水処理方法は、生物反応槽で処理された水の一部または全部を電極反応槽に導入して電気化学的に処理することにより、生物反応槽の水量負荷を低減することと、電極反応槽での電気分解で電流を陽極と陰極の両方で利用する2つの工程を具備することから、本発明の技術的範囲内に含まれることは明らかである。上記の変形例以外にも、これらの工程を具備する廃水処理方法はすべて本発明の範囲に含まれる。

【0105】第8に、 $\text{NO}_x\text{-N}$ の還元剤としては、電極反応で生成される水素以外に、メタノールなどの種々の有機物を用いることができるので、電極反応槽の陰極室へこれらの有機物を添加することも効果がある。ただし、導電性隔膜を設けず、電極反応槽を陽極室および陰極室に分割しない場合には、添加した有機物が陽極で分解されるため、有機物添加の効果が下がり、かつ、有機物の分解のために陽極で余分なエネルギーが消費されるので、有機物の添加は好ましくない。

【0106】また、電極反応槽の陰極室へ有機物を添加する際に、有機物を含有する廃水を添加することもできる。ただし、陰極側ではアンモニア態窒素の除去は行われないため、この際に添加する廃水としては、(アンモニア態窒素/有機物)比の小さい廃水を用いることが好ましい。また、有機物の過剰添加は、処理水への有機物の流出を招く恐れがあるため好ましくないが、最終処理

水に流出した有機物を別途処理を行うこともできる。

【0107】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の廃水処理方法によれば、生物反応槽で生物学的に処理された廃水の一部を、電極反応槽に導入して電気分解により処理することにより、生物反応槽および電極反応槽での廃水処理をそれぞれを単独で行った場合と比較して、消費エネルギーを著しく削減できる。また、電極反応槽での処理量だけ生物反応槽への廃水の量が低減でき、生物反応槽での廃水の滞留時間が長くなるため、比較的容積が小さい生物反応槽においても安定かつ高い窒素除去効果が得られる。この結果、廃水中のほぼ100%の窒素を、省エネルギー的にかつ省スペース的に除去することが可能である。

【0108】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の廃水処理方法および廃水処理装置によれば、陽極ではアンモニア態窒素を窒素ガスに酸化するとともに、陰極で、 $\text{NO}_x\text{-N}$ を窒素ガスに還元することにより、アンモニア態窒素および $\text{NO}_x\text{-N}$ をそれぞれを単独で行った場合と比較して、消費エネルギーの大幅に削減することができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図2】本発明の第2実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図3】本発明の第3実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図4】本発明の第4実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図5】本発明の第5実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図6】本発明の第6実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図7】本発明の第7実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図8】本発明の第8実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図9】本発明の第9実施形態に係る廃水処理方法に用いられる廃水処理装置を示す概略図。

【図10】従来の廃水処理方法を示す概略図。

【図11】従来の廃水処理方法を示す概略図。

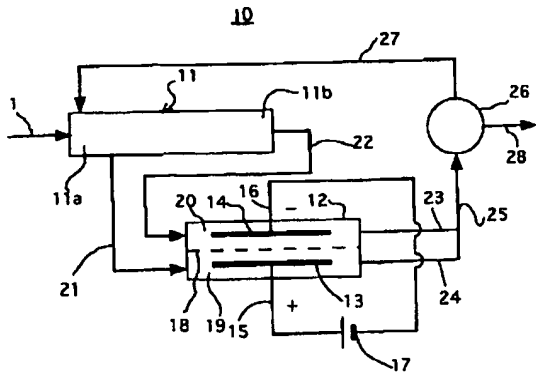
【図12】従来の廃水処理方法を示す概略図。

【符号の説明】

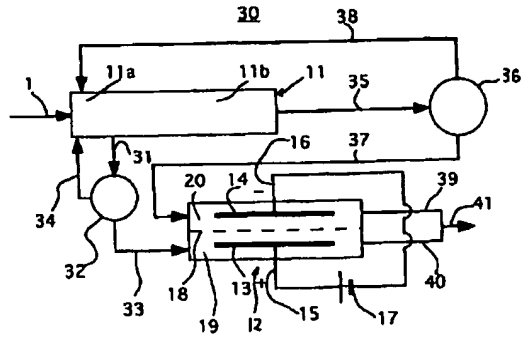
1…流入水、10…廃水処理設備、11…生物反応層、12…電気反応槽、13…陽極、14…陰極、15、16…配線、17…電源、18…導電性隔膜、19…陽極室、20…陰極室、21…陽極側流入管路、22…陰極側流入管路、23、24、25…流出管路、26…沈殿

池、27…返送用管路、28…最終処理水。

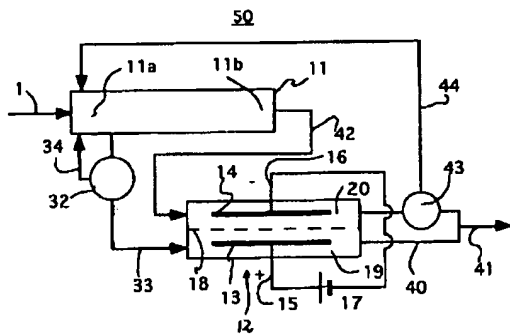
【図1】



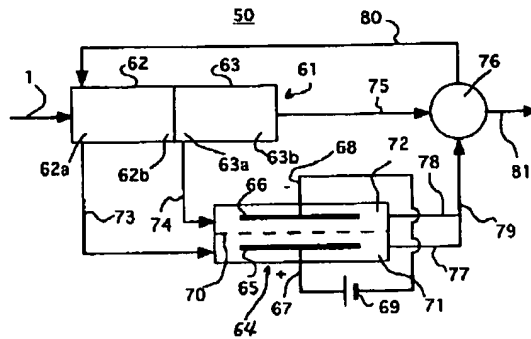
【図2】



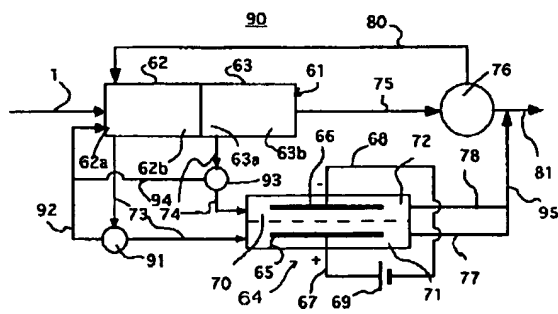
【図3】



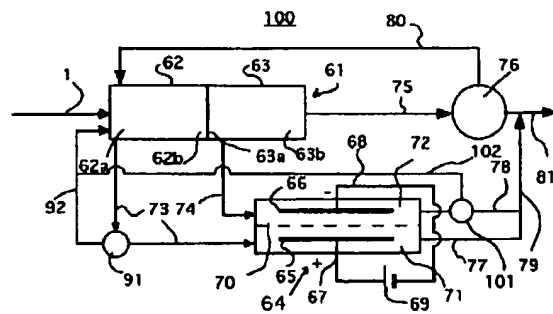
【図4】



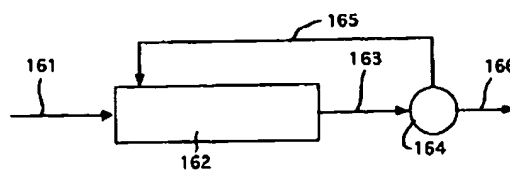
【図5】



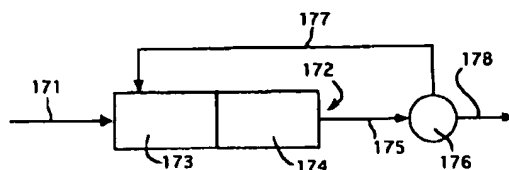
【図6】



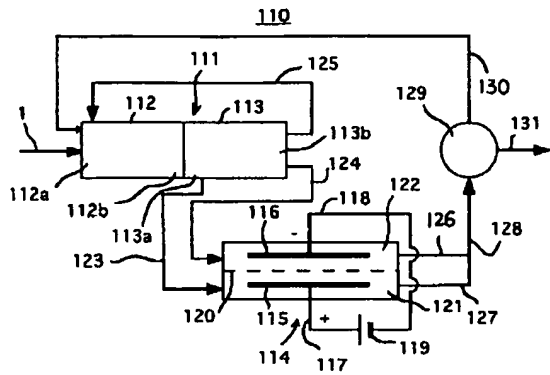
【図10】



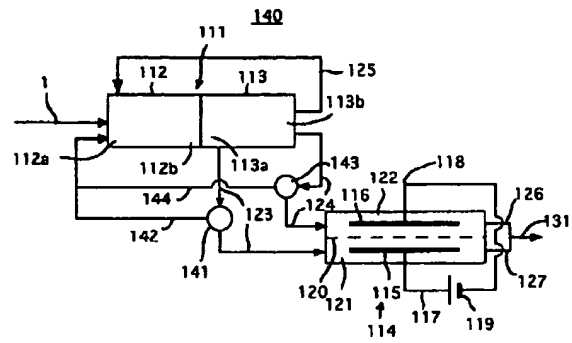
【図11】



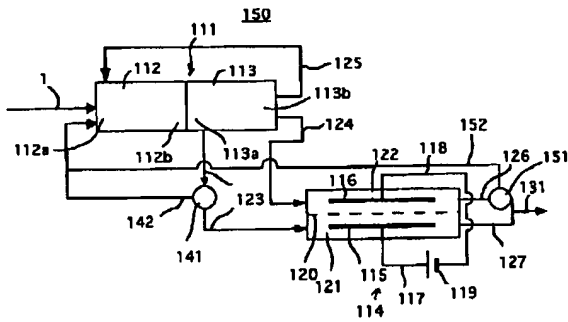
【図7】



【図8】



【図9】



【図12】

